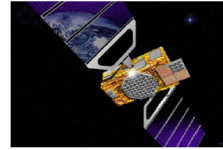




8. Seminar
„GIS & INTERNET“
7. bis 9. September 2005



Das Europäische Satellitennavigationssystem GALILEO

Von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Eissfeller
Institut für Erdmessung und Navigation
Universität der Bundeswehr München
D - 85577 Neubiberg



Erklärung

Die nachfolgende Präsentation ist keine offizielle Darstellung. Es handelt sich alleine um die persönliche Sicht des Autors.

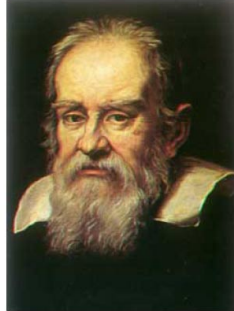
Der Vortrag beruht teilweise auf Material, das freundlicher Weise von der Europäischen Kommission (EC), European Space Agency (ESA) und der im Galileo Projekt tätigen Industrie bereitgestellt wurde.



Für diese Unterstützung bedanken wir uns herzlich.



Galileo Galilei (1564 – 1642)



„ Und sie bewegt sich doch ! “

Inhalt

- Hintergrund & Status
- Architektur
- Raum und Bodensegment
- Satellit/Plattform
- Integrität und SAR
- GALILEO Signalstruktur
- Genauigkeit
- Entwicklungsansatz und Zeitplan
- Anwendungen
- Technologie Trends
- Zusammenfassung

GALILEO Hintergrund

- 1999 : „Kommunikation“ der EC über GALILEO
„Galileo must be an open, global system, fully compatible with GPS, but independent from it with a significant role for the Russian Federation“
- 2000 - 2001 : GALILEO mehrfach auf der Agenda im Rat der Verkehrsminister, jedoch keine Entscheidung
- 26.03.02 : Positive Entscheidung des Rates der Verkehrsminister
- 2003 : Einigung zwischen D und I über Systemführung
- 2003: Einigung über Anteile :
 –  20,9%  15,2%  17%  16%  10.1%  4.8%
- 01.07.03 : Direktor des *Joint Undertaking* ernannt (Dr. R. Grohe, D)
- Juli 2004 : Einrichtung der GSA (Galileo Supervisory Authority)
- Ende 2004 : Kick-Off Phase GALILEO C/D
- Juni 2005: Direktor der GSA ernannt (Pedro Pedreira, P)

GIS & INTERNET 07.09.05 5

GALILEO Status 2005

- Kritische Technologien (Uhren) entwickelt
- Entwicklung zweier Experimentalsatelliten fortgeschritten



- Erster Experimentalsatellit soll Ende 2005 gestartet werden
- Testbett für Bodensegment (GSTB V1) entwickelt : Algorithmen/GPS
- Seit 12/04 : Phase Galileo C/D (Entwicklung/Validierung) für IOV Phase
- Vereinbarung über Signalstruktur EU/USA paraphiert
- Installation des Konzessionärs / Vertragsverhandlungen bis Ende 2005
- Kooperation mit anderen Staaten (China, Israel, usw.) begonnen

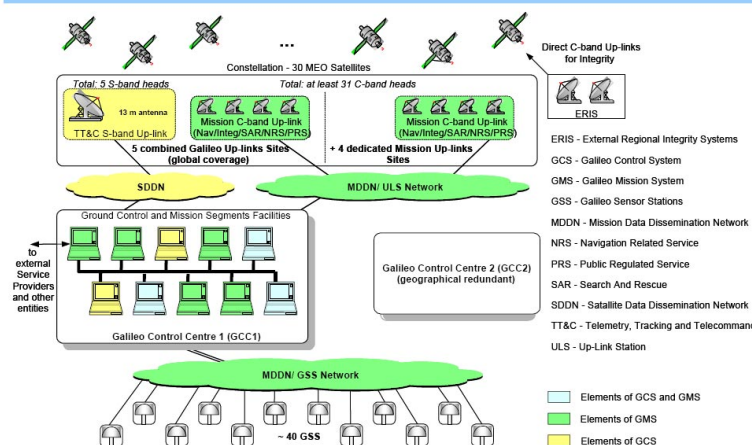
GIS & INTERNET 07.09.05 6

Warum GALILEO ?

- Verringerung der Abhängigkeit von USA und Rußland
- Zivile Kontrolle über Raum - und Bodensegment
- Verbesserung von Genauigkeit, Verfügbarkeit, Integrität
- Garantie für kontinuierlichen Dienst
- Neue Mehrwert - Dienste
- Einstieg in den High-Tech Markt Satellitennavigation
- Schaffung neuer Arbeitsplätze (100.000 in Europa)

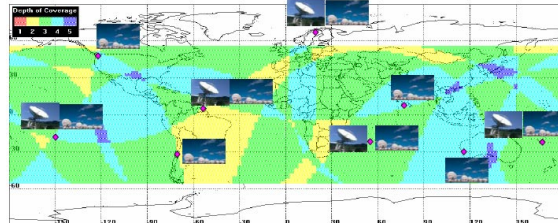
GIS & INTERNET 07.09.05 7

GALILEO Architektur



GIS & INTERNET 07.09.05 8

Raumsegment und Bodensegment



Konstellation :

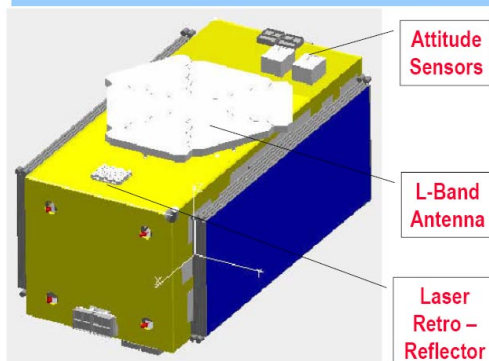
- Walker 27/3/1+ 3 passive Spares
- $i = 56^\circ$
- $h = 23.222 \text{ km}$
(Repeat Cycle : 10 Bahnen/17 Tage)

Bodensegment :

- 40 Monitore
- 5 TTC Stationen (5 S – Band)
- 9 Up-Link Stationen (31 C – Band)
- 5 TTC & Up-Link Stationen zus.
- 2 Zentralen

GIS & INTERNET 07.09.05 9

Satellit und Transportsystem

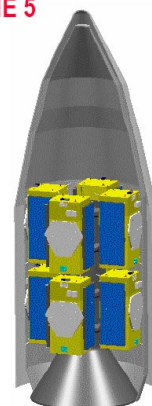


Attitude
Sensors

L-Band
Antenna

Laser
Retro –
Reflector

8 GALILEO Satelliten
auf ARIANE 5



Masse : 680 kg
 Leistung : 1500 W
 Abmessungen : $2.7 \times 1.2 \times 1.1 \text{ m}^3$

GIS & INTERNET 07.09.05 10

GALILEO Zeittechnik

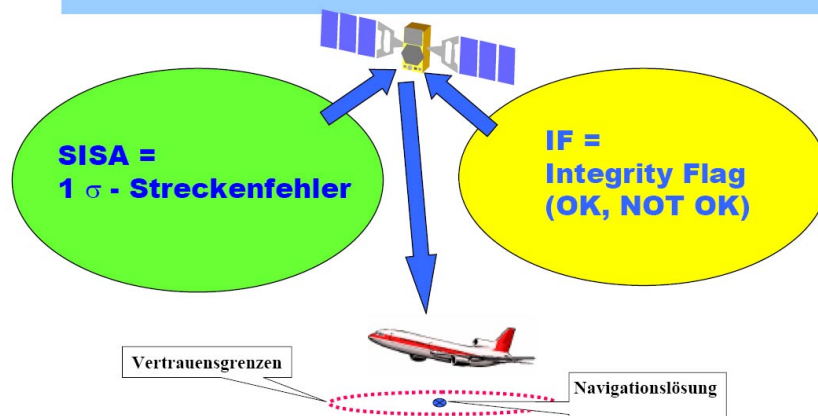
- Rubidium Atomuhr (RAFS)
 - Stabilität: 0.3 m in 3 h
 - Masse : < 1.4 kg
 - Leistung : < 20 W
- Passiver Wasserstoff - Maser
 - Stabilität: 0.3 m in 10 h
 - Masse : < 15 kg
 - Leistung : < 60 W



GIS & INTERNET 07.09.05 11

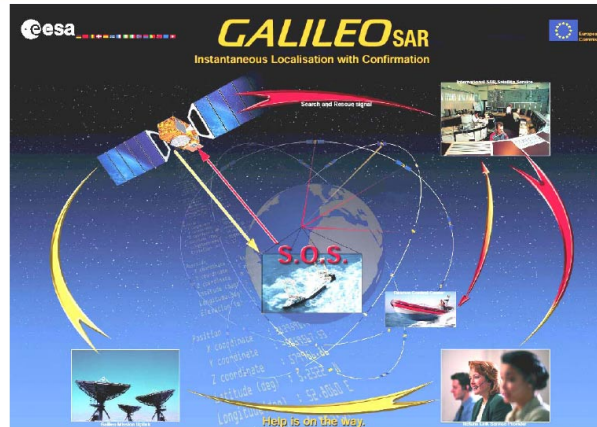


Bodensegment - Integrität



GIS & INTERNET 07.09.05 12

Search & Rescue (SAR) Payload



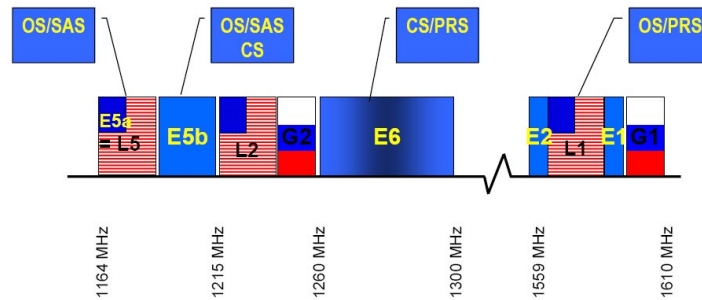
GIS & INTERNET 07.09.05 13

Konzept der GALILEO Dienste

- **Dienste**
 - **OS** Open Service
 - Für Nutzer im Massenmarkt
 - **CS** Commercial Service
 - Kommerzielle und professionelle Nutzer
 - Verbesselter Dienst: Genauigkeit, Integrität
 - **PS** Public Service
 - Safety-of-Life (SAS), z.B. Luftfahrt
 - Reguliert (PRS), hohe Kontinuität !

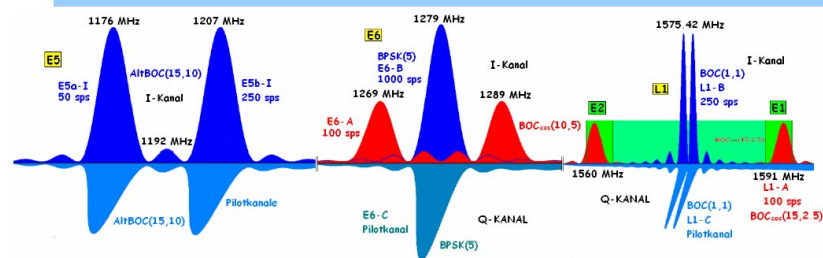
GIS & INTERNET 07.09.05 14

Abbildung der Dienste auf Frequenzen



GIS & INTERNET 07.09.05 15

GALILEO – Signalstruktur und Kenngrößen



Band / Signal	Trägerfrequenz	Abgestrahlte Bandbreite	Minimale Empfangsleistung	Typisches S/N_0	Modulation	Chiprate	Datenrate
E5a	1176,45 MHz	24 MHz	-155 dBW	50 dBHz	AltBOC(15,10)	10,23 Mcps	50 sps
E5b	1207,14 MHz	24 MHz	-155 dBW	50 dBHz	AltBOC(15,10)	10,23 Mcps	250 sps
E6	1278,75 MHz	40 MHz	-152 dBW	50 dBHz	BOC _{cos} (10,5)	5,115 Mcps	1000 sps
L1	1575,42 MHz	32,736 MHz	-152 dBW	45 dBHz	BOC(1,1)	1,023 Mcps	250 sps

Kenngrößen der Galileo Signale

GIS & INTERNET 07.09.05 16

GALILEO / GPS Genauigkeit

Fehlerquelle	GPS C/A – Code (1 σ)	GALILEO BOC(1,1) (1 σ)
Bahn und Uhr	3.6 m	0.65 m
Atmosphäre (Ionosphäre + Troposphäre)	7.0 m *) 0.7 m bei zweiter Frequenz	7.0 m *) 0.7 m bei zweiter Frequenz
Empfänger Mehrweg	1.2 m	0.7 m
Empfänger Rauschen	0.4 m	0.4 m
Streckenfehler (UERE)	8.0 m *)3.9 m	7.1 m *)1.3 m

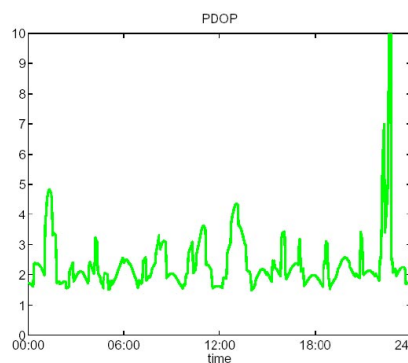
Genauigkeit in der Position (95%) :

- Nur GPS (PDOP = 2-4) 3-D Position: ± 32 m
- Nur GALILEO (PDOP = 2-4) 3-D Position: ± 28 m
- GPS + GALILEO (PDOP = 1.2) 3-D Position: ± 18 m

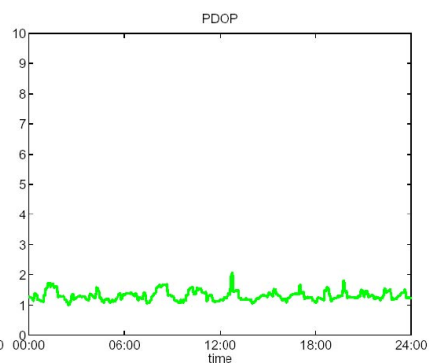
GIS & INTERNET 07.09.05 17

Geometrie – All-in-View

GPS standalone

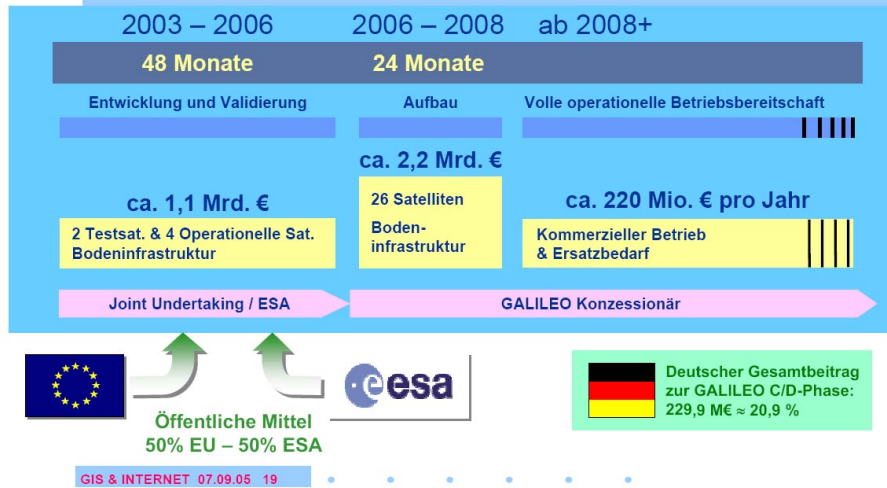


GPS + GALILEO

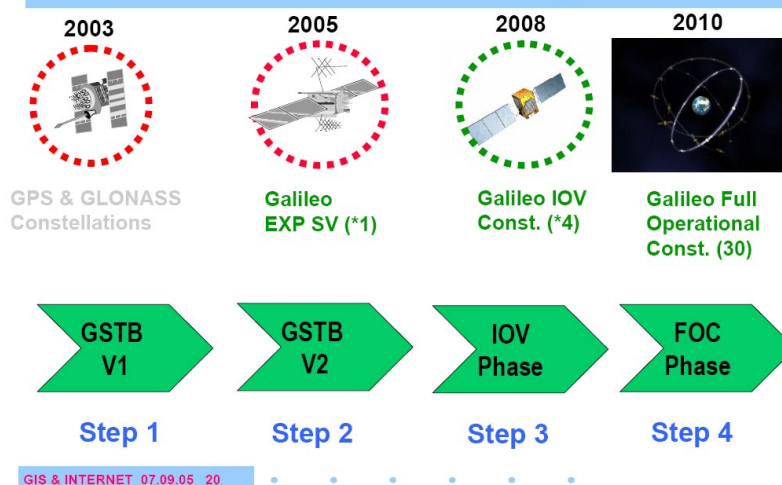


GIS & INTERNET 07.09.05 18

GALILEO Zeitplan



GALILEO Entwicklungsansatz



Übersicht über Landanwendungen

- **Straßenverkehr**
 - Fahrzeugnavigation, Rettungsdienste, Fleet Management
- **Schienenverkehr**
 - Train Control, Fleet Management, geregelter Fahrplan
 - Güterüberwachung, Informationssysteme für Passagiere
- **Fußgängernavigation**
- **Präzise Landwirtschaft & Umwelt**
- **Integration mit Telekommunikation**
 - Notruf E-911, E-112, Location Based Services (LBS)
- **Banken, Börsen & Versicherungen**
 - Zeitsynchrone Finanztransaktionen, elektronische Unterschrift/Authentifizierung
 - Verschlüsselung/Entschlüsselung vertraulicher Information
- **Synchronisierte Netzwerke**
 - Rechnernetze, Stromversorgungsnetze, Mobilfunknetze

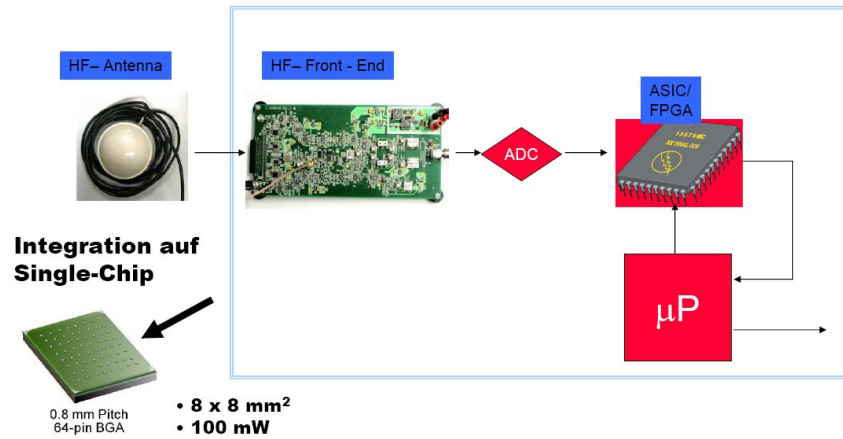
GIS & INTERNET 07.09.05 21

Bedeutung von Galileo + GPS

- **50 bis 60 Navigationssatelliten**
 - Homogene Geometrie (Genauigkeit)
 - Satellitenempfang in kritischer Umgebung (Urban Canyons)
 - Robustere Signale, z.B. geringere Mehrwegeeffekte
- **Integritätsdaten**
 - Errechnung von Real-Time Vertrauensgrenzen
 - Schelle Warnung (10 sec) bei Systemstörungen
- **Search & Rescue (SAR) Dienst**

GIS & INTERNET 07.09.05 22

Trends: Technologie der Endgeräte



GIS & INTERNET 07.09.05 23

Trends: In-Door Ortung mit GNSS



Arabella Hotel München 2002

- Hotelzimmer : -168 bis -184 dB-W



Flughafen München 2001

- Parkhaus : -176 bis -180 dB-W



Bürogebäude Rom 2001

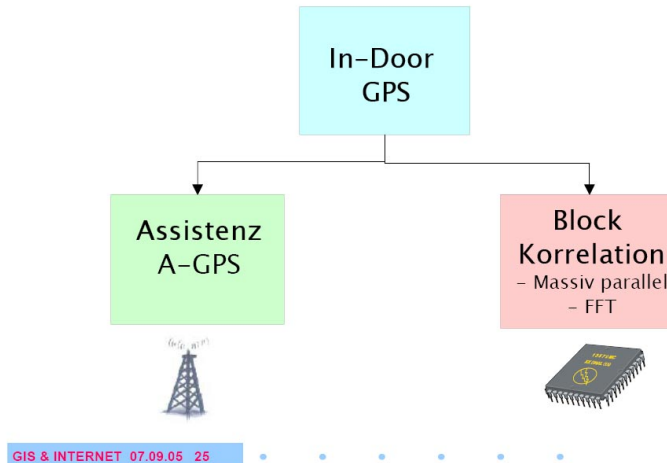
- Flur : -175 bis -186 dB-W

Außenraumpegel (GPS):
- 156 dB-W

Reference : Global Locate Inc., 2004

GIS & INTERNET 07.09.05 24

In-Door GNSS - Lösungsansatz



Zusammenfassung

- Systemdefinition GALILEO weit fortgeschritten
- Eintritt in die IOV Phase bereits erfolgt
- Signalstruktur entwickelt (Overlay mit GPS)
- Rund 60 Satelliten im Orbit (GPS + Galileo)
- Galileo Innovationen: Integrität und SAR
- Im Massenmarkt: Höchstintegrierte Chips
- Schubwirkung für viele neue Anwendungen
- In-Door Ortung grundsätzlich möglich